

Réseaux du futur

Note n° 7

L'agriculture connectée

14 janvier 2020

En septembre 2018, l'Arcep a ouvert un nouveau cycle de réflexion pour anticiper l'évolution des réseaux, avec un horizon de 5 à 10 ans.

Les notes produites s'inscrivent dans ce travail de prospective et ont été réalisées sur la base d'échanges avec une diversité d'acteurs (opérateurs, équipementiers, fournisseurs de services, acteurs d'internet, académiques, etc.), de travaux de recherche et de l'expertise du Comité scientifique constitué à cet effet.

Ces documents constituent un état des réflexions à date. L'Arcep invite tous les acteurs qui le souhaitent à y contribuer en faisant part de leurs commentaires pour enrichir ces analyses, à l'adresse suivante : « reseaux-du-futur@arcep.fr ».

Les notes de prospective publiées :

1. [« Virtualisation des réseaux – Architectures agiles »](#)
2. [« Les voitures connectées »](#)
3. [Enjeux de connectivité : l'exemple des territoires « intelligents »](#)
4. [La gestion dynamique du spectre](#)
5. [L'empreinte carbone du numérique](#)
6. [L'intelligence artificielle dans les réseaux de télécommunication](#)
7. **L'agriculture connectée**

Introduction

Avec près de 14% de surface dédiée à l'agriculture, la France est dotée de l'une des plus grandes filières agricoles parmi les Etats européens. Ce secteur agricole est aujourd'hui confronté à de nombreux défis. Outre les enjeux de productivité, de souveraineté alimentaire et de traçabilité, le secteur agricole doit faire face, comme les autres secteurs de l'économie, aux défis environnementaux. Le secteur doit également faire face à des tensions importantes en termes de recrutement

Dans ce contexte, la numérisation des usages agricoles apparaît comme un levier de croissance à explorer¹. Connecter l'agriculture permet en effet le développement d'une agriculture de précision et automatisée, visant à réduire les coûts de production, l'utilisation d'intrants, mais aussi la pénibilité liée au travail agricole. Un tel développement repose en particulier sur la disponibilité de solutions de télécommunications adaptées.

La présente note expose, dans un premier temps, un panel d'usages numériques développés en réponse aux enjeux du secteur. Elle présente ensuite les solutions de connectivité associées et soulève la question de la gestion des données générées par cette connectivité croissante.

1 Le développement d'usages agricoles connectés

1.1 L'agriculture de précision

Un premier volet d'usages désigne les moyens permettant de développer une agriculture de précision, dont l'objectif est **l'aide à la décision** pour la conduite des exploitations. Son principe est de garantir l'utilisation de la bonne quantité d'intrants, au bon endroit et au bon moment.

Cette précision est notamment requise dans la mesure où chaque sol est caractérisé par une « réserve utile » qui correspond à sa capacité à stocker l'eau, l'azote et les différents produits phytosanitaires utilisés. Un sous-dosage ou un surdosage d'intrants² peut ainsi entraîner une perturbation de cette réserve et une chute de rendement significative. Il est donc important de pouvoir mesurer les paramètres caractérisant les sols afin d'approcher plus précisément la dose optimale d'intrants en chaque point des exploitations, correspondant à leurs réserves utiles.

Plusieurs entreprises, notamment françaises, ont développé des solutions permettant de déterminer ces doses plus précisément. Certaines sociétés proposent par exemple des solutions basées sur la géophysique des sols ; un capteur détermine la résistivité électrique³ des sols et un modèle traduit les données acquises en réserve utile. D'autres solutions peuvent également permettre une identification des adventices (plus couramment appelées « mauvaises herbes ») par analyse d'images au niveau du sol. C'est ainsi qu'il est possible de recourir au désherbage mécanique plutôt que chimique lorsque le mode de culture le permet. Il est également possible de réaliser une détection précoce des maladies des plantes avec des méthodes faisant appel à la génétique, permettant ainsi de limiter la quantité d'intrants nécessaire à leur traitement. Enfin des équipements de mesure de la maturité des plans en croissance existent, notamment pour la vigne, grâce à des méthodes optiques qui observent le processus de photosynthèse et l'état des plants. Ces données peuvent être traitées en temps réel ou *a posteriori*, en fonction des solutions de connectivités existantes.

Plusieurs solutions satellite sont également utilisées en agriculture de précision. En effet, une solution satellite permet de fournir des indicateurs d'état des sols, de l'irrigation ou de productivité à l'échelle d'un pays. Elle peut également permettre d'obtenir des cartes précises à l'échelle d'une exploitation : la définition des parcelles agricoles et la définition de modèles décisionnels pour l'agriculture de précision s'appuient ainsi fortement sur le satellite. L'utilisation de drones se développe également pour l'observation des sols et la cartographie des parcelles. Leur apport

¹ La croissance annuelle du marché de l'agriculture de précision est estimée entre 15% et 20% entre 2018 et 2030 (Source : Etude Roland Berger pour la DGE)

² Les intrants sont les produits ajoutés dans le sol. On compte parmi eux les semences, les fertilisants, les produits phytosanitaires ou encore les activateurs ou retardateurs de croissance.

³ La mesure de la résistivité électrique des sols (ou conductivité) est une technique qui permet de caractériser l'hétérogénéité des sols (humidité, dessèchement etc.) et d'en tenir compte pour adapter les apports d'engrais et les traitements phytosanitaires.

relativement au satellite réside dans leur capacité à générer des images sous la couche nuageuse ; ils présentent également l'intérêt d'une mise en œuvre peu coûteuse et moins contraignante pour l'exploitant agricole.

En combinant un ensemble de données décrivant la santé des plantes et les paramètres environnementaux, l'agriculture de précision permet ainsi de prédire les besoins des plantes en intrants, en termes d'eau, d'engrais ou encore de produits phytosanitaires. Elle donne aux exploitants agricoles des préconisations permettant une optimisation très locale des traitements. Cette optimisation contribue à un meilleur équilibre des sols tout en améliorant l'efficacité du secteur agricole. Elle permet de ce fait une réduction de l'impact environnemental des exploitations.

1.2 L'automatisation

Un second volet d'usages regroupe l'ensemble des technologies et services **permettant de faire fonctionner ensemble plusieurs outils d'exploitations**. Cette automatisation permet de fournir des services supplémentaires, notamment *via* le croisement des données des parcelles et de celles des équipements agricoles.

La connectivité d'engins agricoles permet par exemple d'envisager le pilotage de flottes de machines agricoles par guidage satellite et par connexion entre les différentes machines de la flotte⁴, de sorte à optimiser leur utilisation. Outre les gains en consommation énergétique, ce pilotage permet de limiter les manques et les recouvrements lors des passages des machines agricoles sur les parcelles, d'optimiser les manœuvres en bout de champs, de coordonner différents équipements (par exemple pour le fauchage et la récolte) ou encore de guider précisément les équipements à travers les plants pour les pulvérisations ou les binages. Des entreprises proposent par exemple des tracteurs autonomes connectés entre eux. Ainsi, potentiellement, la conduite de certaines exploitations pourrait devenir très largement automatisée, avec une prise en compte des paramètres contextuels instantanés en appui sur une couche logicielle apprenante, sans l'intervention des exploitants agricoles. L'ensemble peut également être supervisé par des applications sur terminal mobile ou sur poste fixe, dès lors que les équipements sont connectés à un réseau hertzien.

Des solutions automatisées sont également très développées dans le domaine de l'élevage. Des outils de traite automatiques existent par exemple, permettant aux animaux de se diriger en toute autonomie vers ces appareils lorsqu'ils en ont besoin. Certains de ces appareils peuvent également analyser la santé des mamelles et ainsi détecter en amont la présence de mammites. D'autres solutions permettent le monitoring et le contrôle de la santé des animaux par le biais de capteurs. Ce type de capteur permet également de suivre la gestation des animaux afin d'anticiper le vêlage des bêtes, réduisant le taux de mortalité à la naissance. Ces solutions sont d'autant plus utiles que les animaux suivis ne sont pas toujours sur le même site d'une même ferme. Le développement de ces outils et l'automatisation de certaines pratiques sont ainsi de nature à améliorer la santé des animaux mais aussi les conditions de travail des éleveurs.

Si le déploiement de nouvelles techniques agricoles et d'élevage contribue à répondre aux enjeux de productivité, environnementaux, de compétitivité et d'attractivité du secteur agricole, ces usages dépendent de différentes solutions de connectivité.

⁴ Cette technique est appelée « *platooning* ».

2 Les besoins de connectivité associés

2.1 Des solutions fonctionnant essentiellement avec du débit faible

L'agriculture de précision s'appuie sur la récolte d'un ensemble de données descriptives de l'exploitation. Ces données peuvent être traitées a posteriori ou en temps réel en fonction des solutions de connectivité existantes.

En l'absence de réseau mobile, des solutions embarquées permettent d'acquérir des quantités variables de données qui seront traitées a posteriori pour alimenter des systèmes experts. D'autres solutions ont été développées sur de la connectivité faible débit telle que le Zigbee, ou encore les technologies LPWAN (Sigfox, LoRa) qui présentent des avantages économiques (faible coût) et énergétiques (faible consommation). Ces solutions permettent donc l'acquisition de faibles quantités de données, comme par exemple, des paramètres météorologiques. Une connectivité haut-débit n'apparaît ainsi pas comme un préalable à l'apparition et au développement de ces applications.

Si elle n'est pas indispensable, la connectivité au réseau de télécommunication mobile haut ou très haut débit apporte une dimension complémentaire pour la supervision des exploitations en permettant par exemple l'usage de la vidéo ou encore de l'imagerie aérienne. Pour l'agriculture de précision, elle permet également de récupérer en temps réel les données d'opération de chaque équipement et de les superposer aux données des parcelles, pour évaluer au fil de l'eau les performances et suivre les plans de production.

Certains cas d'automatisation peuvent fonctionner en l'absence de connexion aux réseaux de télécommunication. Par exemple, l'automatisation des engins agricoles d'une même flotte fait appel au guidage par satellite (GPS, Galileo,...) permettant ainsi un positionnement de grande précision. Un tel système est complété par le guidage par caméras embarquées, qui analyse le parcours des machines en temps réel et protège les plants pendant les pulvérisations ou les arrachages d'adventices⁵.

La connectivité très haut débit enrichit les possibilités d'automatisation, permettant d'aller jusqu'à la supervision globale des exploitations agricoles, en ce qu'elle permet de connecter l'ensemble des outils d'exploitation. Un tel déploiement nécessite également des latences suffisamment faibles pour assurer la gestion des équipements à distance.

2.2 Un intérêt certain à de meilleures solutions de connectivité

1. Le développement d'usages plus performants

Si les solutions actuelles ont été développées en fonction des technologies de connectivité disponibles et ne nécessitent pas toujours de débits importants, de meilleures solutions de connectivité permettraient l'essor d'usages plus performants.

En effet, des débits plus importants offriraient une meilleure réactivité dans la prise de décision des exploitants agricoles. La combinaison d'analyse de paramètres en temps réels et d'informations contextuelles accessibles sur des bases de données ouvertes (météos, cartographie des sols...) peut permettre une action immédiate sur une exploitation lors du passage d'un équipement agricole. Pourrait alors être envisagé le traitement d'images haute définition en temps réel de sorte à développer des systèmes experts mettant à jour leurs décisions en fonction de données contextuelles.

⁵ La télédétection est également possible par avions ou drones.

Plus généralement, des débits plus importants permettraient d'envisager une systématisation de l'usage d'importantes bases de données. La consolidation de données agricoles sur des échelles géographiques et temporelles larges permettrait ainsi de mettre en œuvre des modèles agronomiques apprenants, optimisés en continu, et capables de s'adapter à des contextes dynamiques. La connectivité très haut débit apporte alors le double avantage de donner accès à des outils de supervision et de contrôle de flottes performants, et d'outils dynamiques d'aide à la décision.

Des expérimentations ont démontré la pertinence du très haut débit dans le secteur agricole. Dans le cadre d'un projet nommé « *Rural First*⁶ », des expériences de connectivité 5G ont été menées en Angleterre afin d'évaluer l'impact du très haut débit mobile et des réseaux d'objets connectés sur les exploitations agricoles. Déployés sur plusieurs exploitations, ces réseaux ont permis de réaliser des tests sur plusieurs types d'élevages. Les premiers retours d'expérience mettent en avant des résultats positifs sur l'évolution des métiers. En effet, le réseau 5G permet le suivi des animaux sur un périmètre géographique plus étendu que le celui des solutions existantes⁷. Une autre application est celle de la téléconsultation des vétérinaires en vidéo très haut débit.

Ces expérimentations ont toutefois été réalisées sur des parcelles qui n'étaient préalablement pas dotées de couverture mobile, ne rendant pas les résultats imputable à la connectivité 5G en tant que telle⁸. Elles n'en mettent pas moins en évidence les évolutions associées à une couverture mobile aux débits importants.

2. Une évolution des relations entre les agriculteurs et leurs fournisseurs de services

Au-delà des questions de débits et d'usages pouvant être développés, les enjeux de couverture rejoignent également la question des modèles d'affaires de l'exploitation.

En l'absence de couverture, les équipements employés sur les exploitations fonctionnent principalement à partir de systèmes embarqués propriétaires. Ces équipements représentant des coûts fixes importants, les exploitants agricoles dépendent fortement des solutions offertes par leurs fournisseurs. Or, des solutions alternatives se développent pouvant être adoptées plus facilement sur les équipements des exploitants agricoles mais nécessitant une couverture mobile. Une couverture mobile plus étendue rend ainsi possible l'arrivée de nouveaux entrants sur le marché. De plus, de nouvelles modalités contractuelles peuvent être proposées par ces acteurs, nécessitant un investissement moindre pour les exploitants (location ou abonnement). Ces solutions alternatives offrent alors aux exploitants une meilleure souplesse dans la gestion de la croissance de leur activité et du changement d'échelle, là où les solutions embarquées nécessitent des évolutions d'infrastructure plus importantes.

Si cette couverture peut être rendue possible par le déploiement de réseaux mobiles (haut ou très haut débit), les réseaux satellites présentent un avantage considérable pour la couverture des grandes exploitations, en site isolé ou au relief compliqué. Les évolutions en cours de la norme 5G au sein du 3GPP et leur prise en compte des bandes satellites rendent ainsi probable un scénario d'appropriation du satellite pour l'agriculture.

⁶ Projet développé en partenariat avec Cisco, l'Université de Strathclyde, et un consortium d'acteurs privés gouvernementaux et académiques (<https://www.5gruralfirst.org/what-is-5gruralfirst/>)

⁷ Les solutions de connectivités fixes se limitent généralement à l'intérieur des bâtiments, rendant inopérants les colliers de suivis des animaux en extérieur.

⁸ Des solutions 4G peuvent suffire au développement de certains de ces usages. Elles peuvent par ailleurs, en fonction des fréquences considérées, permettre une meilleure couverture que la 5G.

3 Une dépendance aux données de plus en plus forte

3.1 Une combinaison de données nécessaire pour l'aide à la décision

Durant les premières phases de développement de l'agriculture numérique, des efforts importants ont permis l'apparition de nombreuses méthodes et technologies d'acquisition des données agricoles⁹ permettant de construire et de faire évoluer des modèles de conduite des exploitations agricoles. Cette collecte de données quantitatives et fiables est un prérequis pour une agriculture numérique robuste et performante.

Au-delà de la question de la collecte de données se pose celle de leur mise en relation. Comme dans de nombreux secteurs numériques, c'est bien la combinaison de multiples données, leur standardisation et le traitement de ces bases de données importantes qui sont créateurs de valeur. La construction de modèles agronomiques sur la base de ce recoupement de données offre en effet la possibilité de simuler et d'anticiper la conduite des exploitations et de prédire les rendements en fonction d'un ensemble de paramètres agrégés. L'accessibilité à des sources de données multiples permet ainsi d'envisager une généralisation de l'utilisation d'outils d'aide à la décision.

3.2 Une concentration d'acteurs et un risque de dépossession de la donnée agricole

Il existe une surabondance de plateformes de données agricoles entraînant un manque de lisibilité et des difficultés d'appropriation pour les exploitants agricoles. Des start-up issues de la recherche sont souvent pionnières des systèmes d'informations géographiques et rendent accessibles les données agronomiques qu'elles génèrent. Les exploitants agricoles sont largement demandeurs de ces solutions d'aide à la décision, mais l'atomicité du secteur rend difficile leur appropriation de ces outils. Les acteurs capables d'intégrer de multiples sources de données dans une plateforme unique trouvent ainsi un avantage concurrentiel certain.

Les grands équipementiers agricoles se sont positionnés sur ce créneau. Leur objectif est ainsi de construire un savoir-faire en capitalisant sur l'analyse des données relevées et télétransmises lors de l'utilisation de leurs équipements sur les exploitations. Ces acteurs peuvent ainsi profiter de leur position déjà acquise sur le marché des équipements agricoles pour acquérir d'importantes quantités de données et ainsi proposer des solutions plus performantes, conduisant à un effet de réseau susceptible de consolider encore leur position.

D'autres acteurs se positionnent sur ce secteur. Si quelques coopératives agricoles proposent des solutions de partages de données et de conseils de leurs membres, des « géants » du secteur agricole, tels que de grandes coopératives sont également présents.. Un « géant » de l'agro-alimentaire, également, a récemment investi 1 milliard de dollars dans une plateforme numérique pour assurer son implantation en Europe. Enfin, certains « géants » du numérique se positionnent désormais sur ce marché prometteur, investissant dans l'acquisition de jeunes sociétés pour combler leur retard et établir de nouveaux standards de performance. Une intégration progressive des acteurs des secteurs agricole, pharmaceutique et numérique est ainsi observée.

⁹ Mesures génétiques (identification de pathogènes par étude de l'ADN d'échantillons), mesures biologiques, mesures géophysiques, mesures optiques, analyses d'image, données météorologiques...

Conclusion

Si la connectivité des solutions agricoles apparaît comme une composante importante pour rendre l'agriculture plus performante, efficiente et par conséquent plus compétitive, la collecte et la combinaison de bases de données en masse sont les facteurs essentiels pour la traduire en gains effectifs. Comme pour de nombreux autres secteurs, le secteur agricole rentre lui aussi dans l'air du « big data », pouvant conduire à la concentration de données aux mains d'un faible nombre d'acteurs.

Dans cette configuration, de nouveaux schémas de dépendance pour les exploitants agricoles peuvent émerger et conduire à une perte de souveraineté à l'échelle de l'exploitant, mais aussi à l'échelle nationale.

Accompagner l'essor des réseaux pour permettre le développement des usages numériques et répondre aux enjeux du secteur agricole est donc indispensable, mais soulève la question de la gestion des données alors générées. Le sujet du partage et de l'accès de ces données, dont certaines peuvent avoir un caractère d'intérêt général, doit alors être géré en coordination avec les autorités compétentes.